

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

98/2557



B

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschr**  
10 **DE 40 13 089 A 1**

51 Int. Cl. 5:  
**G 01 R 19/257**  
// G 01 R 35/00, F 02 D  
41/38

21 Aktenzeichen: P 40 13 089.4  
22 Anmeldetag: 25. 4. 90  
43 Offenlegungstag: 31. 10. 91

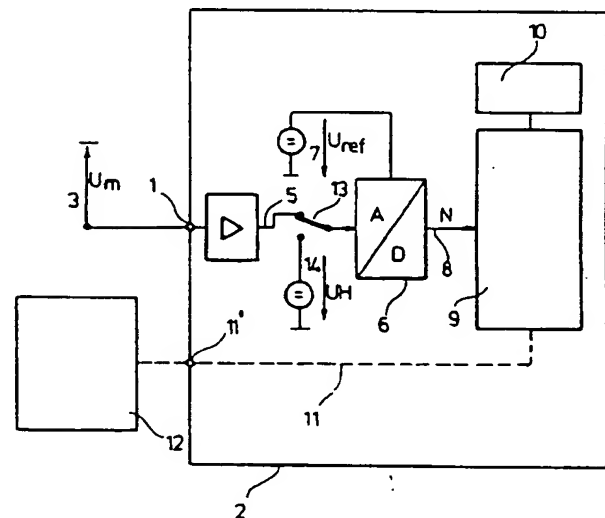
DE 40 13 089 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Hall, Dieter, 7141 Schwieberdingen, DE; Fahrbach,  
Wilhelm, Dipl.-Ing. (FH), 7102 Weinsberg, DE;  
Daniilidis, Georgios, Dipl.-Ing. (FH); Zimmermann,  
Werner, Dr.-Ing. Dr., 7000 Stuttgart, DE

54 Verfahren zur fehlerkorrigierten Messung einer elektrischen Größe

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum fehlerkorrigierten Messen einer analogen elektrischen Größe als Digitalwert, insbesondere einer Spannung, vorzugsweise einer Eingangsspannung eines Steuergeräts einer Brennkraftmaschine, bei dem eine im Wert bekannte elektrische Basisgröße verwendet und mit deren ermitteltem Meßwert verglichen wird, um auftretende Abweichungen als Korrekturwert der elektrischen Größe zu verwenden, wobei unmittelbar nacheinander die elektrische Größe und dann eine im wesentlichen drifffreie, in ihrem Wert nicht genau bekannte elektrische Hilfsgröße mit der gleichen Einrichtung gemessen und durch einen mit einer elektrischen Referenzgröße beaufschlagten Analog/Digital-Wandler in Digitalwerte umgewandelt werden, daß zur Eliminierung der Referenzgröße eine Verhältnissbildung der Digitalwerte erfolgt und daß zur Ermittlung des exakten Werts der Hilfsgröße der Korrekturwert ermittelt wird.



DE 40 13 089 A 1

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur fehlerkorrigierten Messung einer analogen elektrischen Größe als Digitalwert, insbesondere einer Spannung, vorzugsweise einer Eingangsspannung eines Steuergeräts einer Brennkraftmaschine, bei dem eine im Wert bekannte elektrische Basisgröße verwendet und mit deren ermitteltem Meßwert verglichen wird, um auftretende Abweichungen als Korrekturwert des Meßergebnisses der elektrischen Größe zu verwenden.

Auf vielen Gebieten der Elektrotechnik ist es erforderlich, den absoluten Wert einer elektrischen Größe zu bestimmen. Hierzu ist es erforderlich, geeichte Meßeinrichtungen einzusetzen. Die Eichung ist notwendig, da z. B. aufgrund von Bauteiltoleranzen keine gleichbleibenden Eigenschaften der Geräte einer Serie gegeben sind.

In der Kraftfahrzeugelektronik tritt ebenfalls das Problem einer exakten Bestimmung einer elektrischen Größe auf. Insbesondere ist es erforderlich, elektrische, von Sensoren stammende Größen fehlerfrei zu ermitteln, da sie zur Betriebsführung von Brennkraftmaschinen herangezogen werden. Für die Auswertung und Vergabe von Betriebsparametern sind vorzugsweise Steuergeräte eingesetzt, die die Brennkraftmaschinen der Fahrzeuge betreiben. Den Eingängen dieser Steuergeräte werden unter anderem elektrische, betriebszustandsabhängige Größen zugeführt, die — für die weitere Verarbeitung — meßfehlerfrei zu erfassen sind. Meßfehler können sich unter anderem durch Bauteiltoleranzen, Drifterscheinungen (insbesondere temperaturabhängig) sowie durch zusätzliche Offset-Größen einstellen. Zur Vermeidung von Meßfehlern erfolgt daher in bekannter Weise meist ein Verstärkungs- und Offset-Abgleich durch hardwaremäßige Eingriffe innerhalb des Steuergeräts. Dieser Abgleich kann z. B. durch die Einstellung von Abgleichwiderständen realisiert werden. Insbesondere ist in der Serienfertigung dieses Vorgehen jedoch mühsam und aufwendig sowie mit entsprechenden Kosten verbunden.

Aus der DE-OS 38 44 333 ist ein Verfahren zur Korrektur von Bauteiltoleranzen bei der Verarbeitung von Signalen bekannt. Um die Auswirkung dieser Toleranzen bei einem Integrator berücksichtigen zu können, wird von einem Mikrocomputer ein Signal generiert, das bei fehlerloser Signalverarbeitung zu einem bekannten (theoretischen) Integralwert führen würde. Infolge der erwähnten Bauteiltoleranzen wird jedoch im Integrator ein anderer Integralwert registriert. Der Vergleich des tatsächlichen Integralwerts mit dem theoretischen Wert liefert einen Differenzbetrag, der ein Maß für den Fehler darstellt und als Korrekturwert für den Integralwert verwendet wird. Dem Integrator ist ein Analog/Digital-Wandler nachgeschaltet, so daß der Integralwert als digitale Größe zur Verfügung steht.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den im Hauptanspruch genannten Merkmalen hat demgegenüber den Vorteil, daß stets eine fehlerfreie Messung der elektrischen Größe möglich ist, auch wenn für den Meßvorgang erforderliche Parameter nicht exakt einem Vorgabewert entsprechen, sondern beispielsweise in ihrem

Absolutwert nicht exakt bekannt sind. Auch wenn z. B. Referenzparameter während eines Betriebszeitraums nicht stabil sind, sondern nicht vorab quantifizierbaren Drifterscheinungen unterliegen, ist das erfindungsgemäße Verfahren zur exakten Bestimmung der elektrischen Größe einsetzbar. Erfindungsgemäß werden unmittelbar nacheinander die elektrische Größe und dann eine driftfreie, jedoch in ihrer Größe nicht genau bekannte elektrische Hilfsgröße mit der gleichen Einrichtung gemessen. Hierzu sei angemerkt, daß es schaltungstechnisch einfacher ist, eine driftfreie Hilfsgröße zur Verfügung zu stellen, z. B. eine stabilisierte Spannung, daß jedoch aufgrund von Bauteiltoleranzen die Schwierigkeit besteht, diese Hilfsgröße in ihrer absoluten Größe zu reproduzieren. Um bei Geräten einer Serienproduktion stets den gleichen Wert der jeweiligen Hilfsgröße zu generieren, sind die eingangs zum Stand der Technik genannten, nachteiligen Abgleichverfahren erforderlich. Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist jedoch dieser Abgleich überflüssig, da es ausreicht, wenn die Hilfsgröße driftfrei zur Verfügung steht, jedoch ihr exakter Größenwert nicht bekannt ist. Da die Messung der elektrischen Größe und der elektrischen Hilfsgröße unmittelbar nacheinander erfolgen, kann davon ausgegangen werden, daß eine für die Messung notwendige Referenzgröße innerhalb des Zeitraums dieser beiden Messungen konstant bleibt, also nicht driftet. Die eingangs erwähnten Drifterscheinungen stellen sich zumeist innerhalb größerer Zeiträume ein; sie werden beispielsweise durch Temperaturänderungen hervorgerufen. Der erwähnte Referenzparameter (Referenzgröße) ist in vorliegenden Falle dem Analog/Digital-Wandler zugeordnet, der — wie üblich — ratiometrisch arbeitet. Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, daß diese Referenzgröße durch eine Verhältnisbildung der Digitalwerte der zu bestimmenden elektrischen Größe und der elektrischen Hilfsgröße eliminiert wird. Dieses ist möglich, weil innerhalb der kurzen Meßzeit von der Konstanz der Referenzgröße ausgegangen werden kann, so daß sich ihr Wert bei der Verhältnisbildung "wegkürzt". Da jedoch davon auszugehen ist, daß die elektrische Hilfsgröße nicht bei jedem Gerät einer Serienfertigung gleichgroß, sondern — wie erwähnt — in ihrer Größe nicht genau bekannt ist, wobei sich unterschiedliche Werte durch Verstärkungs- und Exemplarstreuungen sowie Offset-Fehler einstellen können, wird der exakte Wert der Hilfsgröße durch Beaufschlagung mit einem Korrekturwert ermittelt. Das Auffinden des Korrekturwertes ist an sich bekannt (DE-OS 38 44 333). Dies erfolgt nach dem Prinzip, daß eine im Wert bekannte elektrische Basisgröße verwendet und mit deren ermitteltem Meßwert verglichen wird. Auftretende Abweichungen werden ermittelt und zu einem Korrekturwert verarbeitet, mit dem die zu korrigierende Größe (hier Meßwert der Hilfsgröße) beaufschlagt wird.

Insgesamt ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren somit die exakte Bestimmung einer elektrischen Größe in Form eines Digitalwerts, ohne daß aufwendige hardwaremäßige Kalibrierverfahren durchzuführen sind, wobei es nicht zu Meßfehlern führt, wenn eine notwendige Referenzgröße einer Langzeitdrift unterliegt. Erforderlich ist hierzu zwar eine zusätzliche Größe (Hilfsgröße), die jedoch in ihrem Wert nicht exakt bekannt sein muß. Diese muß driftfrei sein, was jedoch mit einfachen Mitteln schaltungstechnisch annähernd gut realisierbar ist. Der hier beschriebene softwaremäßige Kalibrierungsvorgang kann in gewünschten Abständen (insbesondere selbsttätig) wiederholt werden.

Nach einer Weiterbildung der Beziehung ist vorgesehen, daß der exakte Digitalwert  $N$  der elektrischen Größe nach der Beziehung

$$N_i = v_i \cdot N_m / N_H \cdot 2^n$$

ermittelt wird, wobei  $v_i$  ein exakter (idealer) Proportionalitätsfaktor,  $N_m$  der Digitalwert der elektrischen Größe,  $N_H$  der Digitalwert der elektrischen Hilfsgröße und  $2^n$  die Auflösung des Analog/Digital-Wandlers angibt. Der Digitalwert  $N_i$  kann nur die Größe 0, 1, 2, ...,  $2^n - 1$  annehmen. Die Anzahl der möglichen Wertestufen, das heißt, die Auflösung des Analog/Digital-Wandlers, ist von der Bit-Anzahl abhängig. Für z. B. ein 8-Bit-System ergeben sich 256 Zustände. Bei den einzelnen Digitalwerten sind keine Zwischenwerte möglich. Die vorstehenden Ausführungen gelten auch für alle nachfolgenden, eine ähnliche Aufbaustruktur aufweisenden Formeln.

Vorzugsweise wird der Digitalwert der elektrischen Größe zu

$$N_m = v_i \cdot U_m / U_{ref\_r} \cdot 2^n$$

und der Digitalwert der elektrischen Hilfsgröße zu

$$N_H = v_i \cdot U_{H\_i} / U_{ref\_r} \cdot 2^n$$

bestimmt, wobei  $U_{H\_i}$  der exakte Wert der Hilfsgröße und  $U_{ref\_r}$  die reale Referenzgröße ist. Im vorstehenden werden bezüglich des Verstärkungsfaktors, des Offsets sowie der Hilfsspannung zunächst ideale Verhältnisse unterstellt; lediglich die Referenzgröße wird als fehlerbehaftet angenommen. Im Zuge dieser Anmeldung wird unter einem exakten (bzw. idealen) Wert ein fehlerfreier Wert und unter einem realen Wert ein möglicherweise mit einem Fehler behafteter Wert verstanden.

Zur Bestimmung des exakten Werts der Hilfsgröße wird von der Beziehung:

$$N_{H\_r} = (v_r \cdot U_H + U_{offset\_r}) / U_{ref\_r} \cdot 2^n$$

ausgegangen und mit den Korrekturfaktoren  $k_1$  und  $k_2$  des Korrekturwerts gemäß der Beziehung

$$N_{H\_r\text{ korr}} = N_{H\_i} = k_1 \cdot (N_{H\_r} - k_2)$$

beaufschlagt, wobei  $v_r$  ein realer Proportionalitätsfaktor,  $U_H$  die Hilfsgröße (Hilfsspannung) und  $U_{offset\_r}$  eine reale Offset-Größe ist. Die ideale Offset-Größe weist den Wert "Null" auf. Durch den Proportionalitätsfaktor und die Offset-Größe lassen sich die realen Werte sowohl multiplikativ als auch additiv korrigieren.

Insbesondere ist vorgesehen, daß der Korrekturwert durch die Messung zweier bekannter Spannungen  $U_{m1}$  und  $U_{m2}$  ermittelt wird, wobei die Digitalwerte der bekannten Spannungen

$$N_{r1} = (v_r \cdot U_{m1} + U_{offset\_r}) / U_{ref\_r} \cdot 2^n$$

$$N_{r2} = (v_r \cdot U_{m2} + U_{offset\_r}) / U_{ref\_r} \cdot 2^n$$

gemessen und mit den bekannten exakten Werten

$$N_{i1} = v_i \cdot U_{m1} / U_{ref\_i} \cdot 2^n$$

$$N_{i2} = v_i \cdot U_{m2} / U_{ref\_i} \cdot 2^n$$

nach der Beziehung

$$k_1 = N_{i1} / (N_{r1} - N_{r2})$$

$$k_2 = (N_{i1} \cdot N_{r2} - N_{i2} \cdot N_{r1}) / (N_{i1} - N_{i2})$$

weiterverarbeitet werden, wobei  $U_{ref\_i}$  die exakte Referenzgröße ist.

Vorzugsweise wird die elektrische Größe bzw. Hilfsgröße mittels eines Umschalters dem Eingang des Analog/Digital-Wandlers zugeführt. Die elektrische Größe und/oder die elektrische Hilfsgröße und/oder die elektrische Referenzgröße sind vorzugsweise elektrische Spannungen.

Aus alledem wird deutlich, daß durch die driftfreie, jedoch in ihrem Absolutwert nicht notwendigerweise exakt bekannte Hilfsgröße eine exakte Messung der elektrischen Größe möglich ist, selbst wenn die Referenzgröße infolge nicht vorab quantifizierbarer Drifterscheinungen instabil ist. Um die bei einer Serienfertigung durch Exemplarstreuungen stets auftretenden Verstärkungs- und Offsetfehler zu eliminieren und den exakten Wert der zwar stabilen, jedoch in ihrem Absolutwert nicht exakt bekannten Hilfsgröße zu bestimmen, werden durch Vergleichsmessungen mit zwei bekannten Spannungen Korrekturfaktoren eines Korrekturwerts ermittelt, wodurch ohne hardwaremäßige Abgleichverfahren eine exakte Bestimmung der analogen elektrischen Größe als Digitalwert möglich ist.

#### Zeichnung

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigt

- Fig. 1 ein Blockschaltbild,
- Fig. 2 ein erweitertes Blockschaltbild und
- Fig. 3 ein Flußdiagramm.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

In elektronischen Steuergeräten von Brennkraftmaschinen, z. B. zur Steuerung von Dieseleinspritzanlagen, ist es erforderlich, an einem Eingang 1 des Steuergeräts 2 eine elektrische Größe 3 zu messen, da der Absolutwert dieser Größe als Steuergröße zur Bestimmung der vom Steuergerät 2 gelieferten Betriebsparameter der Brennkraftmaschine (z. B. Einspritzzeit) herangezogen wird. Die elektrische Größe 3 liegt als analoge Spannung  $U_m$  vor. Sie wird einer Anpassungsschaltung 4 des Steuergeräts 2 zugeführt, die auch eine Schutzfunktion übernimmt. Der Ausgang 5 der Anpassungsschaltung 4 ist mit einem Analog/Digital-Wandler 6 verbunden. Dem ratiometrisch arbeitenden Analog/Digital-Wandler 6 wird eine Referenzgröße 7 zugeführt. Es handelt sich dabei um eine Referenzspannung  $U_{ref}$ . Der Ausgang 8 des Analog/Digital-Wandlers 6 ist an einen Mikrorechner 9 angeschlossen, der mit einem programmierbaren Speicher 10 in Verbindung steht. Der Speicher 10 ist vorzugsweise als EEPROM ausgebildet. Eine Datenverbindung 11 führt vom Mikrorechner 9 zu einer seriellen Schnittstelle 11', an die ein externer Prüfrechner 12 angeschlossen ist. Nach einem anderen, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Funktion des Prüfrechners 12 vom Mikrorechner 9 mit übernommen, so daß der Prüfrechner 12 entfallen kann.

Die Schaltungsanordnung der Fig. 1 hat folgende Funktion:

Um die analoge Spannung  $U_m$  als Digitalwert exakt

— also fehlerfrei — erfassen zu können ist der gemessene Wert zum Eliminieren von Fehlern, die sich z. B. aufgrund von Exemplarstreuungen bei der Serienfertigung einstellen, mit einem Korrekturwert zu beaufschlagen. Im idealen, das heißt, fehlerfreien Fall würde die Spannung  $U_m$  über die Anpassungsschaltung 4 dem Analog/Digital-Wandler 6 zugeführt und von diesem in den Digitalwert

$$N_{-i} = v_{-i} \cdot U_m / U_{ref_{-i}} \cdot 2^n$$

mit  $N_{-i} = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1$

umgewandelt werden. Je nach Auflösung des Analog/Digital-Wandlers 6, das heißt, der Anzahl seiner Bits, ist die Zahl der möglichen Digitalwerte bestimmt. Bei z. B. einem 8-Bit-System sind 256 Digitalwerte möglich. In der vorstehenden Formel stellt  $v_{-i}$  einen idealen Proportionalitätsfaktor sowie  $U_{ref_{-i}}$  den idealen Absolutwert der Referenzgröße 7 da. Da jedoch die genannten Exemplarstreuungen auftreten, die zu Meßfehlern führen, ist nicht von idealen, sondern von realen Werten auszugehen. Es treten zumeist multiplikative und additive Fehler auf. In der Praxis ist daher anstelle des exakten Digitalwerts  $N_{-i}$  vom realen Digitalwert auszugehen, der sich zu

$$N_{-r} = (v_{-r} \cdot U_m + U_{offset_{-r}}) / U_{ref_{-r}} \cdot 2^n$$

ergibt ( $U_{offset_{-i}} = 0$ ). Durch die multiplikativen und additiven Abweichungen wird die Meßgenauigkeit unzulässig beeinträchtigt. Bisher wurde im Stand der Technik ein Verstärkungs- und Offsetabgleich durch hardwaremäßige Eingriffe innerhalb des Steuergeräts 2, z. B. durch Einstellung von Abgleichwiderständen, vorgenommen. Dieser hardwaremäßige Eingriff kann durch das hier vorliegende Verfahren vermieden werden. In einem sogenannten Abgleichmodus werden hierzu an den Eingang 1 des Steuergeräts 2 nacheinander zwei bekannte Spannungen  $U_{m1}$  und  $U_{m2}$  angelegt, die zu den folgenden Digitalwerten führen:

$$N_{-r1} = (v_{-r} \cdot U_{m1} + U_{offset_{-r}}) / U_{ref_{-r}} \cdot 2^n$$

$$N_{-r2} = (v_{-r} \cdot U_{m2} + U_{offset_{-r}}) / U_{ref_{-r}} \cdot 2^n$$

Durch den Index "r" wird deutlich gemacht, daß es sich hierbei um reale und nicht um die exakten, idealen Werte handelt, die den Index "i" tragen. Die zu den Digitalwerten  $N_{-r1}$  und  $N_{-r2}$  gehörenden, bekannte idealen Werte lauten:

$$N_{-i1} = v_{-i} \cdot U_{m1} / U_{ref_{-i}} \cdot 2^n$$

$$N_{-i2} = v_{-i} \cdot U_{m2} / U_{ref_{-i}} \cdot 2^n$$

Um von den realen Werten zu den idealen Werten zu gelangen, ist entweder vom Mikrorechner 9 oder vom Prüfrechner 12 ein Korrekturwert zu berechnen, der sich aus den Korrekturfaktoren  $k_1$  und  $k_2$  zusammensetzt. Diese lauten:

$$k_1 = N_{-i1} / (N_{-r1} - N_{-r2})$$

$$k_2 = (N_{-i1} \cdot N_{-r2} - N_{-i2} \cdot N_{-r1}) / (N_{-i1} - N_{-i2})$$

Sind diese Korrekturfaktoren ermittelt, so kann der Abgleichmodus verlassen und der normale Betrieb auf-

genommen werden, in dem dann alle Meßwerte  $N_{-r}$  gemäß folgender Beziehung korrigiert werden:

$$N_{-r \text{ kor}} = k_1 (N_{-r} - k_2) = N_{-i}$$

Auf diese Weise lassen sich die Auswirkungen der erwähnten Exemplarstreuungen vermeiden.

Die für den Analog/Digital-Wandler 6 notwendige Referenzgröße 7, die von der Referenzspannung  $U_{ref}$  gebildet wird, ist in der Praxis infolge von nicht vorab quantifizierbaren Drifterscheinungen meist nicht stabil. Dennoch läßt sich — gemäß Fig. 2 — ein Verfahren angeben, mit dem eine zu messende analoge elektrische Größe exakt als Digitalwerk erfaßt werden kann. Hierzu ist zusätzlich zu der Anordnung gemäß Fig. 1 in der Fig. 2 zwischen der Anpassungsschaltung 4 und dem Analog/Digital-Wandler 6 ein Umschalter 13 vorgesehen, so daß entweder die zu messende Spannung  $U_m$  oder eine elektrische Hilfsgröße 14 an den Eingang des Analog/Digital-Wandlers 6 gelegt werden kann. Die Hilfsgröße 14 wird vorzugsweise von einer Hilfsspannung  $U_H$  gebildet.

Während es bei dem oben beschriebenen Verfahren bei der Referenzspannung  $U_{ref}$  auf deren exakte Größe ankam, ist dieses bei der Hilfsspannung  $U_H$  nicht der Fall. Die Hilfsspannung  $U_H$  muß jedoch driftfrei zur Verfügung stehen, braucht jedoch in ihrem Absolutwert nicht notwendigerweise exakt bekannt sein. In der Praxis läßt sich eine derartige Spannung mit einer Spannungs-konstanthaltungsschaltung einfacher realisieren, die einen praktisch driftfreien Absolutwert zur Verfügung stellt, der jedoch — z. B. aufgrund von Bauteilstreuungen bei der Serienproduktion — nicht stets den gleichen Absolutwert aufweist.

Zur Durchführung des Verfahrens wird nun in zwei Schritten vorgegangen. Zunächst wird — wie oben beschrieben — die Spannung  $U_m$  und dann — unmittelbar danach — die Spannung  $U_H$  gemessen. Dabei ist davon auszugehen, daß sich Referenzspannung  $U_{ref}$  zwischen diesen beiden unmittelbar aufeinanderfolgenden Messungen nicht ändert. Werden ideale Verhältnisse für den Verstärkungsfaktor und den Offset sowie der Hilfsspannung unterstellt, so ergibt sich für den absoluten Meßwert:

$$N = v_{-i} \cdot U_m / U_H \cdot 2^n$$

Aus den Meßwerten (Digitalwerten)

$$N_m = v_{-i} \cdot U_m / U_{ref_{-r}} \cdot 2^n$$

$$N_H = v_{-i} \cdot U_H / U_{ref_{-r}} \cdot 2^n$$

folgt:

$$N = v_{-i} \cdot N_m / N_H \cdot 2^n$$

Da bei einer Serienfertigung — wie vorstehend schon erwähnt — von Verstärkungs- und Offsetfehlern durch Exemplarstreuungen usw. ausgegangen werden muß und die Hilfsspannung  $U_H$  zwar stabil, jedoch in ihrem Absolutwert möglicherweise nicht exakt bekannt ist, muß der auf diese Weise ermittelte Meßwert in der Praxis nochmal zusätzlich mittels des entsprechenden Korrekturwertes  $k$  korrigiert werden, wie das bereits vorstehend für den Meßwert  $U_m$  erläutert wurde. Dies bedeutet, daß zunächst in dem Abgleichmodus die entsprechenden Korrekturfaktoren  $k_1$  und  $k_2$  zu bestimm-

men sind und dann — wie bereits — geführt — eine Korrektur zum Erhalt der idealen Werte vorzunehmen ist.

Das Verfahren wird in dem Flußdiagramm der Fig. 3 nochmals verdeutlicht. Ausgehend vom Startfeld 15 wird im Feld 16 bestimmt, ob der Betrieb im Abgleichmodus A oder im Normalbetrieb No erfolgen soll. Liegt der Abgleichmodus A vor, so erfolgt im Schritt 17 das Anlegen der im Wert bekannten Spannung  $U_{m1}$ . Im Schritt 18 wird der zugehörige Digitalwert  $N_{-r1}$  gemessen. Anschließend wird dann — im Schritt 19 — die zweite bekannte Spannung  $U_{m2}$  an den Eingang 1 des Steuergeräts 2 angelegt und im Schritt 20 der zugehörige Digitalwert  $N_{-r2}$  gemessen. Im Schritt 21 erfolgt dann die Bestimmung der Korrekturfaktoren  $k_1$  und  $k_2$ . Diese Korrekturfaktoren  $k_1$  und  $k_2$  werden im Schritt 22 im Speicher 10 des Steuergeräts 2 gespeichert. Sie stehen für den Normalbetrieb No zur Verfügung, bei dem im Schritt 23 der reale Wert  $N_{-r}$  gemessen und — unter Heranziehung der Korrekturfaktoren  $k_1$  und  $k_2$  — im nachfolgenden Schritt 24 die Korrektur durchgeführt wird.

Wird — wie im Falle der Fig. 2 — mit einer Hilfsgröße 14 (Hilfsspannung UH) gearbeitet, so kommt — gemäß Fig. 3 — hinzu, daß, ausgehend vom Startfeld 25, zunächst die Spannung  $U_m$  angelegt wird (Schritt 26) und der zugehörige Digitalwert  $N_m$  im Schritt 27 gemessen wird. Sofort danach wird dann die Spannung UH dem Analog/Digital-Wandler 6 zugeführt (Schritt 28) und im Schritt 29 der zugehörige Digitalwert  $NH$  gemessen. Die bereits vorstehend erläuterte Korrektur der Hilfsspannung UH erfolgt dann entsprechend den bereits erläuterten Schritten 17 bis 22.

Aufgrund des erläuterten Verfahrens erfolgt somit ein softwaremäßiger Abgleich, der keine Eingriffe innerhalb des Geräts benötigt. Die Anwendung dieses Verfahrens ist nicht nur in der Gerätefertigung, sondern — z. B. zur Nacheichung — im Service oder — sofern im Feldbetrieb des Geräts Betriebspunkte mit exakt bekannter Meßspannung vorhanden sind, z. B. wenn die Meßspannung ein Wegmeßsignal für einen Lageregelkreis liefert und durch mechanische Anschläge exakt bekannte Arbeitspunkte eingestellt werden können — sogar während des normalen Betriebs möglich.

Aufgrund der Erfindung ist daher die exakte Erfassung eines absolut zu messenden Spannungswertes in einem Steuergerät mit einem ratiometrisch arbeitenden Analog/Digital-Wandler 6 und einem Mikrorechner 9 möglich, bei dem Offset- und Verstärkungsfehler durch einen softwaremäßig durchgeführten Abgleich eliminiert werden. Hierzu werden — wie ausgeführt — an den Eingang des Steuergeräts 2 zwei bekannte Spannungen  $U_{m1}$  und  $U_{m2}$  gelegt und daraus reale Meßwerte ermittelt. Durch Vergleich mit den zugehörigen idealen Werten läßt sich ein multiplikativer und additiver Korrekturwert bestimmen, um die realen Meßwerte in ideale Meßwerte zu überführen. Die Korrekturfaktoren des Korrekturwerts werden in einem programmierbaren Speicher 10 des Steuergeräts 2 gespeichert und stehen dann zur Korrektur der zukünftigen Meßwerte zur Verfügung. Sofern die Referenzspannung  $U_{ref}$  des Analog/Digital-Wandlers 6 einer Drift unterworfen ist, wird zusätzlich eine Hilfsspannungsquelle UH verwendet, die zwar keine Drift aufweist, deren absoluter Spannungswert jedoch nicht exakt bekannt sein muß. Diese Spannungsquelle ist mit einfachen Mitteln realisierbar. Um die genaue Größe der Hilfsspannung zu ermitteln, wird diese gemessen, wobei zur Eli-

minierung von Meßfehlern der vorstehend erwähnten Weise vorgegangen wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum fehlerkorrigierten Messen einer analogen elektrischen Größe als Digitalwert, insbesondere einer Spannung, vorzugsweise einer Eingangsspannung eines Steuergeräts einer Brennkraftmaschine, bei dem eine im Wert bekannte elektrische Basisgröße verwendet und mit deren ermitteltem Meßwert verglichen wird, um auftretende Abweichungen als Korrekturwert der elektrischen Größe zu verwenden, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar nacheinander die elektrische Größe und dann eine im wesentlichen driftfreie, in ihrem Wert nicht genau bekannte elektrische Hilfsgröße mit der gleichen Einrichtung gemessen und durch einen mit einer elektrischen Referenzgröße beaufschlagten Analog/Digital-Wandler in Digitalwerte umgewandelt werden, daß zur Eliminierung der Referenzgröße eine Verhältnisbildung der Digitalwerte erfolgt und daß zur Ermittlung des exakten Werts der Hilfsgröße der Korrekturwert ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der exakte Digitalwert ( $N_{-i}$ ) der elektrischen Größe nach der Beziehung

$$N_{-i} = v_{-i} \cdot N_m / N_H \cdot 2^n$$

ermittelt wird, wobei

$v_{-i}$  ein exakter (idealer) Proportionalitätsfaktor,  $N_m$  der Digitalwert der elektrischen Größe,  $N_H$  der Digitalwert der elektrischen Hilfsgröße und

$2^n$  die Auflösung des Analog/Digital-Wandlers ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Digitalwert der elektrischen Größe zu

$$N_m = v_{-i} \cdot U_m / U_{ref\_r} \cdot 2^n$$

und der Digitalwert der elektrischen Hilfsgröße zu

$$N_H = v_{-i} \cdot U_{H\_i} / U_{ref\_r} \cdot 2^n$$

bestimmt werden, wobei

$U_{H\_i}$  der exakte Wert der Hilfsgröße und  $U_{ref\_r}$  die reale Referenzgröße ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des exakten Werts der Hilfsgröße von der Beziehung

$$N_{H\_r} = (v_{-r} \cdot U_{H\_i} + U_{offset\_r}) / U_{ref\_r} \cdot 2^n$$

ausgegangen und mit den Korrekturverfahren  $k_1$  und  $k_2$  des Korrekturwerts gemäß der Beziehung

$$N_{H\_r\_korr} = N_{H\_i} = k_1 \cdot (N_{H\_r} - k_2)$$

beaufschlagt wird, wobei  $v_{-r}$  ein realer Proportionalitätsfaktor,  $U_H$  die Hilfsgröße und  $U_{offset\_r}$  eine reale Offsetgröße ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturwert durch die Messung zweier bekannter Span-

nungen  $Um1$  und  $Um2$  ermittelt wird, wobei die Digitalwerte der bekannten Spannungen

$$N_{-r1} = (v_{-r} \cdot Um1 + U_{-offset-r}) / U_{ref-r} \cdot 2^n$$

5

$$N_{-r2} = (v_{-r} \cdot Um2 + U_{-offset-r}) / U_{ref-r} \cdot 2^n$$

gemessen und mit deren bekannten exakten Werten

10

$$N_{-i1} = v_{-i} \cdot Um1 / U_{ref-i} \cdot 2^n$$

$$N_{-i2} = v_{-i} \cdot Um2 / U_{ref-i} \cdot 2^n$$

nach der Beziehung:

15

$$k1 = N_{-i1} / (N_{-r1} - N_{-r2})$$

$$k2 = (N_{-i1} \cdot N_{-r2} - N_{-i2} \cdot N_{-r1}) / (N_{-i1} - N_{-i2})$$

20

weiterverarbeitet werden, wobei  $U_{ref-i}$  die exakte Referenzgröße ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Größe bzw. Hilfsgröße mittels eines Umschalters dem Eingang des Analog/Digital-Wandlers zuführbar ist.

25

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Größe und/oder die elektrische Hilfsgröße und/oder die Referenzgröße elektrische Spannungen sind.

30

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65



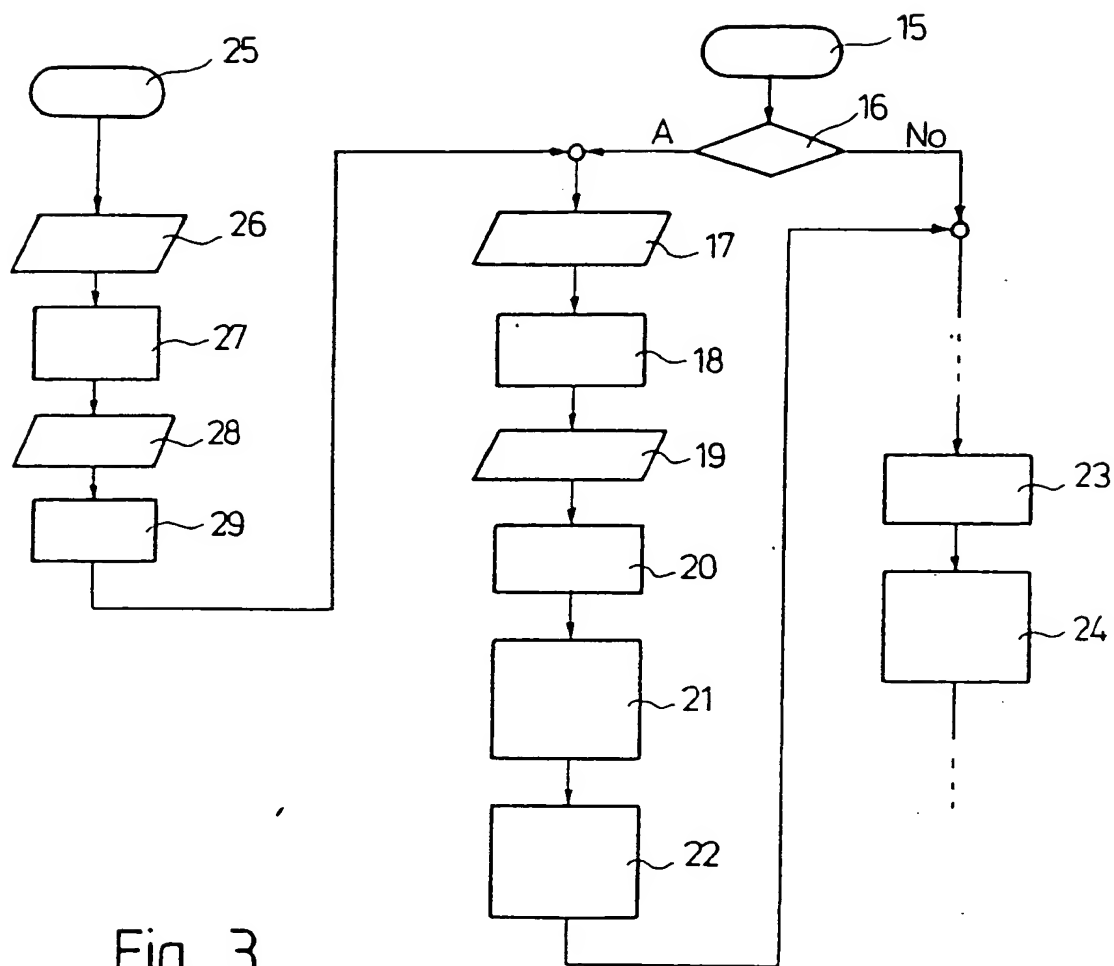


Fig. 3

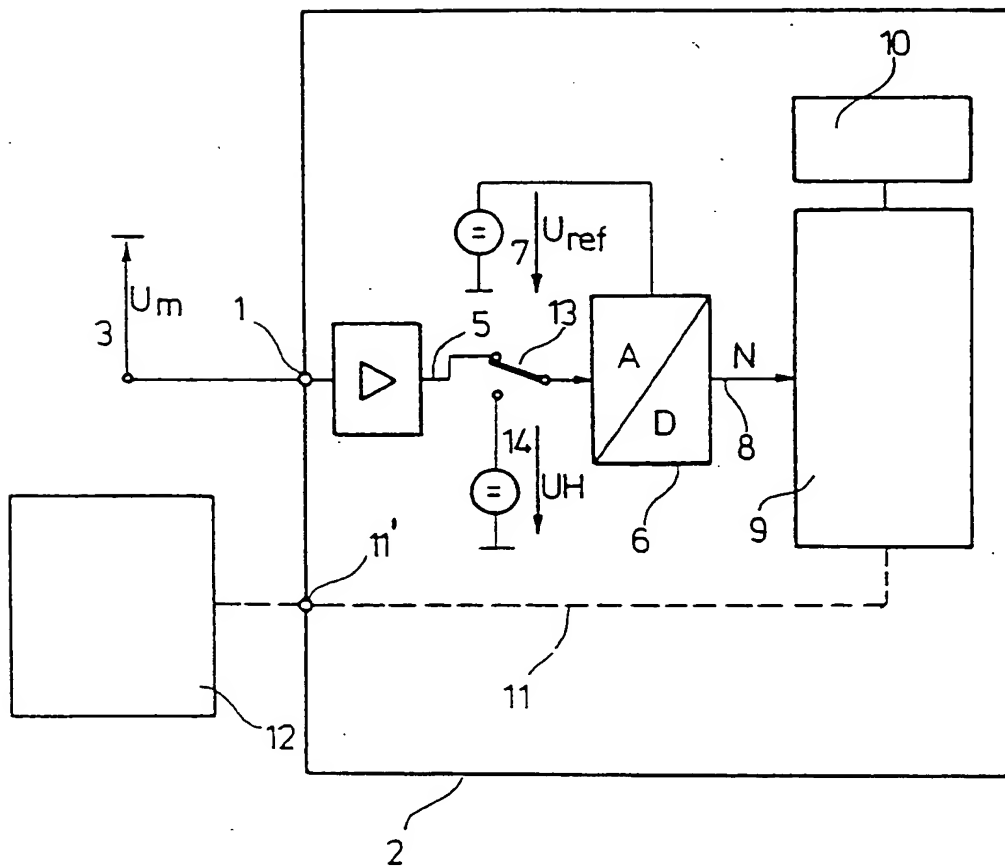


Fig. 2

— Leerseite —

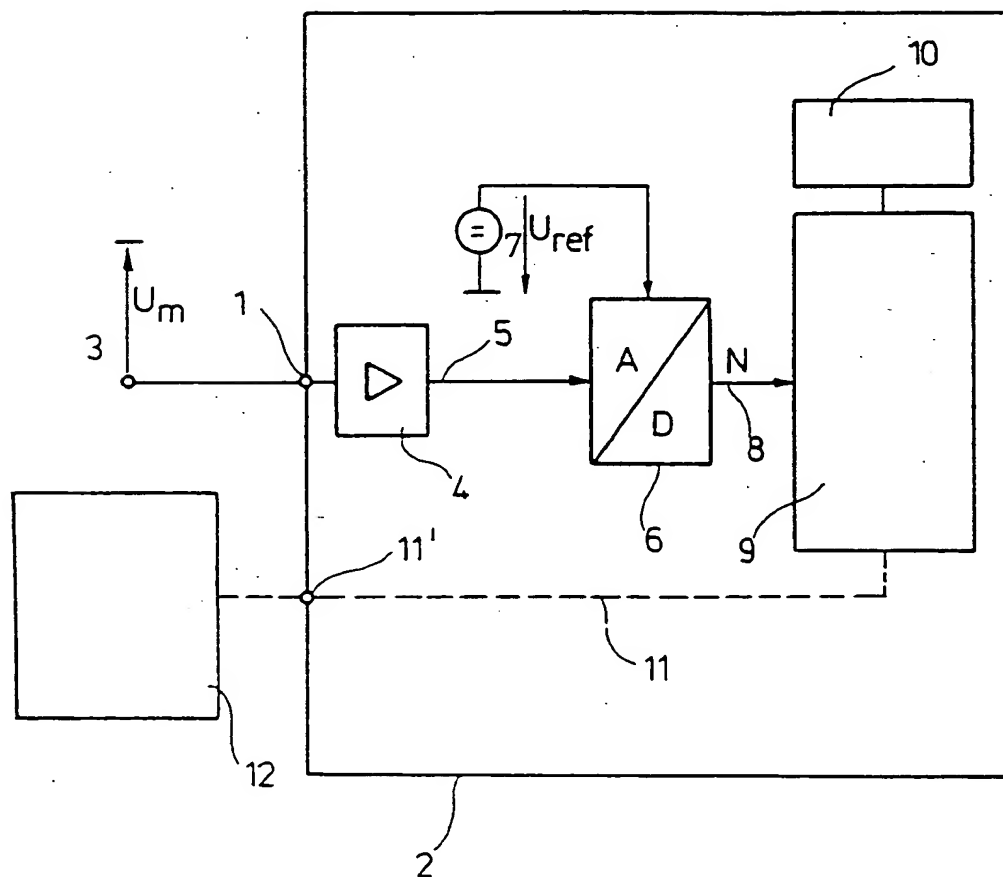


Fig. 1